

524,290.5

Rec'd PCT/PTO 11 FEB 2005

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 2 月 26 日 (26.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/016951 A1

(51) 国際特許分類: F04D 27/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP2002/008217

(22) 国際出願日: 2002 年 8 月 12 日 (12.08.2002)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立インダストリイズ (HITACHI INDUSTRIES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒120-8585 東京都足立区中川四丁目 13 番 17 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小谷 晃士 (KOJITANI, Koji) [JP/JP]; 〒120-8585 東京都足立区中川四丁目 13 番 17 号 株式会社日立インダストリイズ内 Tokyo (JP). 武田 和夫 (TAKEDA, Kazuo) [JP/JP]; 〒120-8585 東京都足立区中川四丁目 13 番 17 号

株式会社日立インダストリイズ内 Tokyo (JP). 三浦治雄 (MIURA, Haruo) [JP/JP]; 〒120-8585 東京都足立区中川四丁目 13 番 17 号 株式会社日立インダストリイズ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 作田 康夫 (SAKUTA, Yasuo); 〒100-8220 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

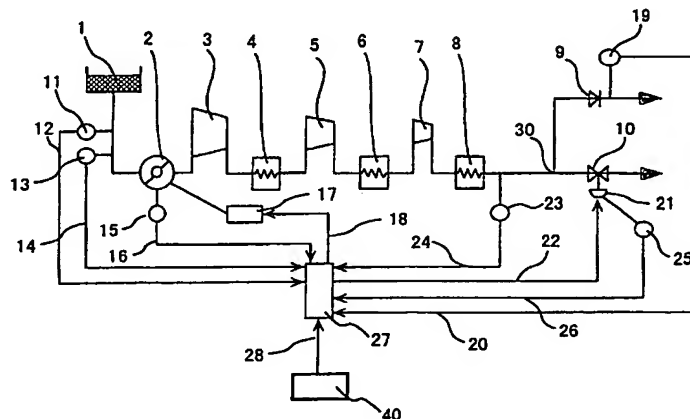
添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: TURBO COMPRESSOR AND METHOD OF OPERATING THE TURBO COMPRESSOR

(54) 発明の名称: ターボ圧縮機およびその運転方法



(57) Abstract: A motor-driven turbo compressor, comprising an inlet guide vane (2) and an air discharge valve (10), wherein a data base on the minimum angle of the inlet guide vane against the temperature and pressure of working gas sucked into the compressor is provided, whereby a wide operating range can be assured without producing surging.

[続葉有]

WO 2004/016951 A1



---

(57) 要約:

入口ガイドベーン（２）及び放風弁（１０）を備える電動機駆動のターボ圧縮機において、圧縮機に吸込まれる作動ガスの温度や圧力に対する入口ガイドベーンの最小角度についてのデータベースを有することにより、サージングを発生させずに広い作動領域を確保することができる。

## 明 細 書

### ターボ圧縮機およびその運転方法

#### 技術分野

- 本発明はターボ圧縮機およびその運転方法に係り、特にサージ  
5 を防止してターボ圧縮機の運転を改善するターボ圧縮機およびその運  
転方法に関する。

#### 背景技術

- 化学プラントなどで使用されるターボ圧縮機では、多くの場合、ほ  
ぼ一定の吐出圧力が仕様圧力となっている。ターボ圧縮機においては、  
10 吸込ガスの温度や圧力が変化すると回転速度が一定であっても吐出圧  
力が変化する。その結果、所定吐出圧力に達しない恐れもある。そこ  
で、特開昭 5 6 - 1 2 1 8 9 8 号公報に記載のように作動気体の吸込  
み温度と圧力をいち早く検出し、この検出した吸込み温度と圧力に対  
応して駆動機の回転速度を変化させ、ターボ圧縮機の吐出圧力が所定  
15 吐出圧力になるようターボ圧縮機を制御していた。

- 従来のターボ圧縮機の他の例が、特開平 1 - 2 0 0 0 9 5 号公報に  
に記載されている。この公報に記載の多段遠心圧縮機では、吸込温度  
の変化に対応して駆動機の最小回転速度を変えることにより、サージ  
ングと呼ばれる不安定現象を回避し、圧縮機の広い作動範囲において  
20 安定に動作させている。また、特開平 1 0 - 8 9 2 8 7 号公報には、  
ターボ圧縮機の作動ガスの吸込温度を検出し、この検出した吸込温度  
と予め求めた基準吸込み温度との比の約 1 / 3 乗に比例して圧縮機の  
回転速度を変化させることにより、ターボ圧縮機の吐出圧力を一定に  
する定風圧制御において軸動力を低減している。

これらの圧縮機の回転速度を変化させて定風圧制御する各従来例とは別に、特開昭 6 2 - 9 6 7 9 8 号公報には、ターボ圧縮機の吸入ガスの吸込温度に対応して圧縮機の吸込み側に設けた入口ガイドペーンの羽根角度を変化させ、流量を精度よく調整することが記載されている。

ところで、上記特開昭 5 6 - 1 2 1 8 9 8 号公報、特開平 1 - 2 0 0 0 9 5 号公報及び特開平 1 0 - 8 9 2 8 7 号公報に記載のターボ圧縮機では、吸込温度に応じて圧縮機の回転速度を制御しているが、電動機駆動のターボ圧縮機において、回転速度を変化させるためにはインバータ駆動の電動機が必要となり、高価になるという不具合がある。また、特開昭 6 2 - 9 6 7 9 8 号公報に記載の圧縮機では、容量制御に際して圧縮機の安定作動領域をサージンを回避しながら拡大することについては考慮されていない。

本発明は、上記従来技術の不具合に鑑みなされたものであり、その目的は電動機駆動のターボ圧縮機において、吐出圧力を略一定に保つ制御をしながら、サージンを発生させずに広い作動領域を確保することにある。本発明の他の目的は、簡単な構成でターボ圧縮機の広い作動範囲を確保することにある。そして、本発明は少なくともこのいずれかの目的を達成することを目的とする。

## 発明の開示

上記目的を達成するための本発明の特徴は、羽根角度可変の入口ガイドペーンと放風弁とを備えるターボ圧縮機において、このターボ圧縮機に吸込まれる作動ガスの吸込温度と吸込み圧力の少なくともい

れかを検出する吸込状態検出手段と、吸込状態と目標圧力に対する前記入口ガイドペーンの最小角度についてのデータベースを有する制御手段とを備えることにある。

上記目的を達成する本発明の他の特徴は、羽根角度を可変の入口ガイドペーンと、ターボ圧縮機本体と、ターボ圧縮機の吐出圧力を検出する吐出圧力検出手段と、この吐出圧力検出手段よりもターボ圧縮機本体側に位置する逆止弁と、ターボ圧縮機で圧縮されたガスを放風する放風弁と、入口ガイドペーンの上流側に位置しターボ圧縮機に吸込まれる作動ガスの吸込温度及び吸込圧力の少なくともいずれかを検出する吸込状態検出手段と、入口ガイドペーンの色度及び放風弁の開閉を制御する調節装置とを備えるターボ圧縮機において、逆止弁とターボ圧縮機本体との間にサージング検出手段を、調節装置に吸込条件と目標圧力に対する最小入口ガイドペーン角度との関係を記述したデータベースをそれぞれ設けることにある。

そしてこの特徴において、調節手段はサージング検出手段がサージングを検出したときにデータベースの最小入口ガイドペーン角度データを更新するのが望ましく、調節装置を制御する上位制御装置を有してもよい。

上記目的を達成する本発明のさらに他の特徴は、入口ガイドペーンと放風弁とを用いてターボ圧縮機の吐出圧力を制御するターボ圧縮機の運転方法において、入口ガイドペーンの上流側に設けた温度検出手段または圧力検出手段が検出した検出値に基づいてこの圧縮機が備える調節装置に予め記憶された最小入口ガイドペーン角度データを参照してその検出値における最小入口ガイドペーン角度を求め、入口ガイ

ドペーンをこの最小角度以上にペーン駆動装置が駆動するものである。

そしてこの特徴において、ターボ圧縮機にサージングが発生したら  
入口ガイドペーンを所定量だけ開き、入口ガイドペーン角度データベ  
ースを更新する；吸込流量に対する圧縮機の吐出圧力の特性を予め調  
5 節装置に記憶しておき、吸込流量が変化してこの特性に基づいて求め  
た入口ガイドペーン角度が最小入口ガイドペーン角度より小さくなっ  
たら、入口ガイドペーンを最小入口ガイドペーン角度に設定するとと  
もに放風弁を開く；吐出圧力が目標吐出圧力より高いときにはペーン  
角度の偏差量を求め、この偏差量を加えたペーン角度が最小入口ガイ  
10 ドペーン角度以下になったら、入口ガイドペーンを最小入口ガイドペ  
ーン角度に設定するとともに放風弁を所定量だけ開く；吐出圧力が目  
標吐出圧力より高く、放風弁が全開のときには入口ガイドペーンを全  
閉にして無負荷運転に移行し、この状態が所定時間続くようであれば  
圧縮機を停止するのが望ましい。

15

### 図面の簡単な説明

第1図ないし第3図は、ターボ圧縮機の特性を説明する図で、第1  
図は吸込流量と吐出圧力の関係を説明する図、第2図は吸込温度の違  
いによる特性曲線の変化を説明する図、第3図は吸込圧力の違いによ  
る特性曲線の変化を説明する図、第4図は本発明に係るターボ圧縮機  
20 の一実施例の系統図、第5図および第6図は、第4図に示したターボ  
圧縮機の運転制御のフローチャートである。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係るターボ圧縮機の一実施例を図面を用いて説明する。第1図ないし第3図は、圧縮機の特性を示す図である。ターボ圧縮機の吸込み側に入口ガイドベーンを設け、ターボ圧縮機の回転速度を一定に制御する定風圧制御を用いた場合である。従来この種のターボ圧縮機では、入口ガイドベーンの最小開度 $\beta_{\min}$ を一定に設定してサー

5     ージングを回避している。

このターボ圧縮機の流量と吐出圧力の関係である $Q_s-P_d$ 特性曲線を、第1図に示す。吐出圧力 $P_d$ が目標圧力 $P_t$ になるように定風圧制御した例である。点線 $SL$ はサーgingラインを表す。入口ガイドベーン開度 $\beta$ を変化させて吸込流量 $Q_s$ を変化させると、吸込流量は吐出圧力 $P_d$ が目標圧力 $P_t$ と等しくなる図中の一点鎖線上を変化する。そして、入口

10     ベーン開度 $\beta$ が最小開度 $\beta_{\min}$ 以下になると、この定風圧制御ではサーgingが発生する。これに対し、入口ガイドベーン開度 $\beta$ を一定に保持して圧縮機を運転したときは、吐出圧力 $P_d$ は吸込流量 $Q_s$ が変化するの

15     に応じて、同図中実線で示したように変化する。入口ガイドベーン開度を最大である $\beta_{\max}$ から最小である $\beta_{\min}$ まで変化させ、目標吐出圧力 $P_d$ となるように制御したときの流量範囲が安定作動領域 $Q_{st}$ である。

ところで、ターボ圧縮機では圧縮機に吸込まれる作動ガスの吸込温度が変化すると、その特性が変化する。例えば、作動ガスの吸込温度 $T_s$ が夏場の吸込み温度である $T_s = T_{s1}$ であれば、吐出圧力 $P_d$ は吸込流量 $Q_s$ に対して図中破線 $B1$ で示された特性を示す。吸込み温度 $T_s$ が冬場の吸込み温度である $T_s = T_{s2}$ まで低下すると、吐出圧力 $P_d$ は図中実線 $A1$ で示された特性となる。

20

この第2図においては、作動ガスの吸込温度 $T_s$ が低いとき( $T_s = T_{s2}$ )の圧縮機の安定作動領域 $Q_{T_{s2}}$ は、吸込温度 $T_s$ が高いとき( $T_s = T_{s1}$ )の安定作動領域 $Q_{T_{s1}}$ に比べて広くなる。つまり、可変入口ガイドベーンの開度 $\beta$ を最小開度 $\beta_{min}$ に保持する従来のサージング回避方法では、吸込温度 $T_s$ が低い冬場であっても、サージングが発生する恐れのある限界流量がより多い夏場のサージング限界流量に基づいて入口ガイドベーン開度を設定する必要があった。その結果、吸込温度が低くてそのガイドベーン開度ではサージングを発生しないときにも、サージング回避動作として放風弁を開いて放気運転するという無駄の多い運転をせざるを得なかった。

なおターボ圧縮機の特性は、作動ガスの吸込圧力によっても変化する。第3図に吸込流量 $Q_s$ と吐出圧力 $P_d$ の関係が吸込圧力により変化する様子を示す。吸込み圧力が低いとき( $P_s = P_{s1}$ )に入口ガイドベーン角度 $\beta$ を一定に保持したまま吸込み流量を変化させたときの吐出圧力の変化を破線 $B_2$ で、吸込み圧力が高いとき( $P_s = P_{s2}$ )に同様の变化をさせたときの吐出圧力の変化を実線 $A_2$ で示す。また、それぞれの条件におけるサージング発生の限界であるサージラインを破線 $SL_1$ および $SL_2$ で示す。第3図に示すように、吸込圧力 $P_{s1}$ における安定作動領域 $Q_{P_{s1}}$ は、吸込圧力 $P_{s2}$ における安定作動領域 $Q_{P_{s2}}$ よりも狭い。すなわち、吸込圧力 $P_s$ が高い程、安定作動領域は広くなる。なお、ターボ圧縮機の安定作動領域は吸込温度や吸込圧力により変化するだけでなく、内部の汚れや経年劣化等によっても変化する。

このように、吸込条件等で特性の変化するターボ圧縮機において、



動力を無駄に使用することなく、サージ限界まで有効に流量制御する様子を、第4図を用いて説明する。第4図は、本発明に係る電動機駆動のターボ圧縮機の一実施例の系統図である。実線は作動ガスの実際の流れ状態を表し、破線は各種信号の電氣的な流れを表す。本実施例のターボ圧縮機は3段の圧縮室3、5、7を有している。各段の圧縮機室間にはインタークーラ4、6が設けられており、最終段の圧縮室7の下流にはアフタークーラ8が設けられている。初段の圧縮室5の入口側には可変入口ガイドベーン2が、この可変入口ガイドベーン2の上流側には吸入フィルタ1がそれぞれ設けられている。

10      このように構成したターボ圧縮機では、作動ガスは吸入フィルタ1を通過した後、可変入口ガイドベーン2へ流入する。ターボ圧縮機の周囲の温度や気圧の変化、およびフィルタの圧損等により吸込温度 $T_s$ と吸込圧力 $P_s$ は常に変化している。そこで、吸込温度 $T_s$ を検出するために温度センサー11が吸入フィルタ1と入口ガイドベーン2間の流路に取付けられている。同様に、吸込圧力 $P_s$ を検出するために、  
15      圧力センサー13が吸込み流路に取付けられている。温度センサー11が検出した吸込み温度の信号は、信号線12を経て調節装置27に送られる。圧力センサー13が検出した吸込み圧力の信号は、信号線13を経てこれも調節装置27に送られる。

20      入口ガイドベーン2のベーン開度 $\beta$ を検出するために、ベーン開度検出装置15が入口ガイドベーン2の近傍に設けられている。このベーン開度検出装置15が検出したベーン開度の信号は、信号線16を介して調節装置27に送られる。

入口ガイドベーン2で流量調整された作動ガスは、各段の圧縮室4、

6、8で圧縮されて高温になる。この高温の作動ガスは、圧縮室4、6、8の下流に配置されたインタークーラ4、6及びアフタークーラ8において冷却水または冷却空気と熱交換して40℃程度まで冷却される。アフタークーラ8の下流には逆止弁9が配置されており、逆止弁9を通った圧縮ガスは需要元へと送られる。逆止弁9の下流には、吐出圧力 $P_d$ を検出する圧力センサー19が取付けられている。この圧力センサー19が検出した吐出圧力の信号は、信号線20を介して調節装置27に送られる。

アフタークーラ8と逆止弁19間には、分岐管部30が形成されており、分岐した配管には、放風弁10が取付けられている。放風弁10は、吐出圧力 $P_d$ が過大になるのを防止するために設けられている。調節装置27からの指令信号を信号線22を介して放風弁駆動装置21に入力すると、放風弁21が開き吐出圧力の上昇が防止される。放風弁10は開度調節が可能である。そこで、放風弁10の開度を検出する放風弁開度検出装置25が放風弁10または放風弁駆動装置21に取付けられている。放風弁開度検出装置25が検出した放風弁10の開度は、信号線26を介して調節装置27に送られる。分岐管部30とアフタークーラ8との間には、サージング検出装置23が取付けられており、このサージング検出装置23が検出した信号は信号線24を介して調節装置27に送られる。なお、調節装置27には、目標圧力が信号線28を介して、上位制御手段40から送られる。

各種信号が入力される調節装置27の動作を、第5図および第6図のフローチャートを用いて詳細に説明する。調節装置27には上位制御手段40から目標圧力 $P_t$ の信号が入力されている。調節装置27

による制御が開始されると（ステップ50）、調節装置27はターボ圧縮機でサージングが発生しているかどうかをサージング検出装置23を用いてしらべる（ステップ52）。サージング検出装置23は、逆止弁9よりも上流側に取り付けられており、圧縮機の吐出圧力 $P_{da}$ の  
5 信号24を調節装置27に送る。この $P_{da}$ の時間変化率 $\Delta P_{da}/\Delta t$ が予め設定した値を超えた場合には、急激な圧力変化が生じているのでサージングが発生しているものとする。

ステップ52で圧縮機にサージングが発生していないと判断したときには、温度センサー11及び圧力センサー13が検出した吸込温度  
10  $T_s$ 及び圧力 $P_s$ を用いて、入口ガイドベーン2に設定する最小ベーン開度 $\beta_{min}$ を計算し（ステップ54）、入口ガイドベーン2の最小ベーン開度 $\beta_{min}$ の設定を更新する。次いで、放風弁10の開度検出装置25が検出した信号に基づいて、放風弁開度 $\alpha$ が全閉状態 $\alpha_{min}$ か開放状態かを判定する（ステップ56）。

15 放風弁10が全閉状態 $\alpha_{min}$ であるときは負荷運転であるから、吐出圧力 $P_d$ を目標圧力 $P_t$ と比較する（ステップ58）。吐出圧力 $P_d$ が目標圧力 $P_t$ よりも高い（ $P_d > P_t$ ）ときは、消費ガス量が圧縮機で発生する圧縮ガス量よりも少ないので、流量を減少させる。放風弁開度 $\alpha$ を検出したときにベーン開度検出装置15が検出した入口ガイドベーン2のベーン開度 $\beta$ を、設定した最小ガイドベーン開度 $\beta_{min}$   
20 と比較する（ステップ60）。設定した最小ベーン開度 $\beta_{min}$ がベーン開度検出装置15の検出したベーン開度以上であるとき、すなわち、 $\beta \leq \beta_{min}$ のときにはベーン駆動装置17を用いて、ベーン開度 $\beta$ を最小ベーン開度 $\beta_{min}$ まで開く（ステップ70、72）。この状態では入

口ガイドベーンを用いた流量制御が不可能なので、いわゆる放風運転に移行する。

ステップ60の入口ガイドベーン開度の判定において、設定した最小ベーン開度 $\beta_{\min}$ よりベーン開度検出装置15が検出したベーン開度 $\beta$ が大きい( $\beta > \beta_{\min}$ )と判定されたとき、およびステップ58の吐出圧力の判定において、吐出圧力 $P_d$ が目標圧力より低い( $P_d < P_t$ )と判定されたときは、最適な負荷運転になるよう流量調整をする。そこで、目標圧力 $P_t$ と吐出圧力 $P_d$ との偏差から、流量のずれをベーン開度の偏差量 $\Delta\beta$ に換算して、次回設定するベーン開度 $\beta_n$ (= $\beta + \Delta\beta$ )を演算する(ステップ62)。演算したベーン開度 $\beta_n$ を最大ベーン開度 $\beta_{\max}$ と比較する(ステップ64)。

設定するベーン開度 $\beta_n$ が最大ベーン開度 $\beta_{\max}$ より小さいとき、すなわち、 $\beta_n < \beta_{\max}$ のときは設定ベーン開度 $\beta_n$ を最小ベーン開度 $\beta_{\min}$ と比較する(ステップ66)。設定ベーン開度 $\beta_n$ が最小ベーン開度より大きいときは、設定ベーン開度 $\beta_n$ になるよう偏差開度 $\Delta\beta$ だけ入口ガイドベーンを動かす指令をベーン駆動装置17に送る(ステップ68)。

ステップ64において、設定ベーン開度 $\beta_n$ が最大ベーン開度 $\beta_{\max}$ 以上( $\beta_n \geq \beta_{\max}$ )と判定されたときには、ベーンを最大ベーン開度以上に開けることはできないから、設定ベーン開度 $\beta_n$ を最大ベーン開度 $\beta_{\max}$ に再設定( $\beta_n = \beta_{\max}$ )する(ステップ74)。同様にステップ66で設定ベーン開度 $\beta_n$ が最小ベーン開度 $\beta_{\min}$ 以下と判定されたときは、サージング防止のために設定ベーン開度 $\beta_n$ を最小ベーン開度に再設定( $\beta_n = \beta_{\min}$ )する(ステップ76)。以上のようにして、設

定ペーン開度  $\beta_n$  を設定し、入口ガイドペーン 2 をペーン駆動装置 17 を用いて設定ペーン開度  $\beta_n$  まで駆動する（ステップ 68）。その後、次の測定に備えてステップ 52 に戻る。

ステップ 56 において放風弁 10 が全閉でないと判定されたときは、  
5 すでに放風運転状態（ステップ 86）に入っているので、放風量を調整して流量調整する。この放風運転における制御手順を、第 6 図に示す。吐出圧力  $P_d$  と目標圧力  $P_t$  とから放風弁の偏差開度  $\Delta\alpha$  と次回設定放風弁開度  $\alpha_n$  を計算する（ステップ 100）。演算した設定放風弁開度  $\alpha_n$  を最大放風弁開度  $\alpha_{max}$  と比較する（ステップ 102）。設  
10 定放風弁開度  $\alpha_n$  が最大放風弁開度  $\alpha_{max}$  より小さいとき（ $\alpha_n < \alpha_{max}$ ）は、設定放風弁開度  $\alpha_n$  を最小放風弁開度である全閉角度  $\alpha_{min}$  と比較（ステップ 104）する。設定放風弁開度  $\alpha_n$  が全閉角度  $\alpha_{min}$  以下（ $\alpha_n \leq \alpha_{min}$ ）であれば、放気運転が終了したことを意味するので、設定放風弁開度  $\alpha_n$  を全閉角度  $\alpha_{min}$  に再設定する（ステップ 106）。

15 設定放風弁開度  $\alpha_n$  が決まると、放風弁駆動指令信号 26 を放風弁駆動装置 21 に送り、放風弁 10 を設定放風弁開度  $\alpha_n$  まで駆動する（ステップ 108）。次の測定に備えてステップ 52 へと戻る。ここで、ステップ 102 で設定放風弁開度  $\alpha_n$  が最大放風弁開度  $\alpha_{max}$  以上（ $\alpha_n \geq \alpha_{max}$ ）になったら、サージングを回避するために、設定放風弁開度  
20  $\alpha_n$  を最大放風弁開度  $\alpha_{max}$  に設定する。それとともに、入口ガイドペーンを全閉にし（ステップ 110）、無負荷運転に移行する（ステップ 112）。無負荷運転中は吐出圧力  $P_d$  を常時計測する（ステップ 114）。吐出圧力  $P_d$  が目標圧力  $P_t$  より既定値  $\Delta P$  だけ小さくなったことを確認して、入口ガイドペーン開度  $\beta$  を最小ペーン開度  $\beta_{min}$

まで開く（ステップ 114）。その後、ステップ 100 へと戻り放風運転を再開する。ステップ 114 において、所定時間経過しても吐出圧力  $P_d$  が目標圧力  $P_t$  から既定値  $\Delta P$  だけ引いた値以下にならない（ $P_d \geq P_t - \Delta P$ ）ときは、圧縮機を停止する（ステップ 118）。

- 5      ところで、ステップ 52 においてサージングの発生が検出されたらサージングから脱け出すために入口ガイドベーンを開ける。その際の入口ガイドベーン 2 の開度変更量を、ステップ 78 で演算する。ステップ 78 では、ベーン開度の最小補正值  $\Delta \beta_{\min}$  を、吸込温度または吸込圧力に応じて予め設定した、式またはデータテーブルから計算する。
- 10    なお、この変更量は例えば 1 度のような所定値（一定値）に設定してもよい。ベーン開度の補正量  $\Delta \beta_{\min}$  が求められたので、ステップ 80 で最小ベーン開度  $\beta_{\min}$ （ $= \beta + \Delta \beta_{\min}$ ）を更新する。サージング回避のため、更新された最小ベーン開度  $\beta_{\min}$  まで入口ガイドベーン 2 を開け、その分圧縮機の吸込流量が増大するので、増大した流量分だけ
- 15    放風運転をする（ステップ 82）。この量は、放風弁 10 の開度を規定値だけ開くことで達成される。サージングが検出されたときは、急を要するので、ステップ 52、78 から 82 は殆ど同時に実行される。そして、ステップ 82 と並列、またはステップ 82 終了後に最小ベーン開度  $\beta_{\min}$  に関するデータベースの更新が行われる（ステップ 84）。
- 20    ステップ 86 において、放風弁開度  $\alpha_n$  が最大放風弁開度  $\alpha_{\max}$ 、すなわち全開であると判定された場合には、負荷量が少ないので所定時間このままの状態を保ち、その間は吐出圧力  $P_d$  と目標圧力  $P_t$  を比較し続ける（ステップ 100）。所定時間経過後も吐出圧力  $P_d$  が目標圧力  $P_t$  以上であると判定された場合には圧縮機を停止する（ステ

ップ102)。また、吐出圧力 $P_d$ が目標圧力 $P_t$ より小さいと判定された場合には放風運転を再開するためにステップ88へと移行する。

次に、最小ペーン開度 $\beta_{min}$ の設定について説明する。

目標圧力 $P_t$ として、設定する可能性のある値を選定する。その値  
5 が $k$ 個あるときは、低いほうから順に $P_t(1) \sim P_t(k)$ と定める。圧縮機が使用される環境において、吸込温度 $T_s$ の取り得る最小値 $T_s(min)$ と最大値 $T_s(max)$ を決定する。吸込温度の最小値 $T_s(min)$ と最大値 $T_s(max)$ の間を $m$ 個の離散した値 $T_s(1)$ 、 $T_s(2)$ 、 $\dots$ 、 $T_s(m)$ に分割する。 $k$ 個定めた目標圧力 $P_t(i)$  ( $i=1, 2, \dots, k$ )  
10 毎に、吸込温度 $T_s(j)$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) と最小ペーン開度 $\beta_{min}(i, j)$ との関係を上位制御装置40または調節装置27が備えるデータベース中に予め格納しておく。なおこのデータベースに記憶するデータについては、標準吸込圧力 $P_{s0}$ を吸込圧力として用いている。したがって、記憶されるデータは $k \times m$ 個のデータを有する配列データ  
15 となる。

最小ペーン開度 $\beta_{min}$ は、以下のように算出される。吸込温度 $T_s$ と

$$P_{t1} = P_t \frac{(P_t + P_a)/(P_{s0} + P_a)}{(P_t + P_{a1})/(P_s + P_{a1})}$$

吸込圧力 $P_s$ の値を信号として受取ったら、吸込圧力 $P_s$ を利用して  
次式により目標圧力 $P_t$ を補正する。流量と吐出圧力との特性 ( $Q_s - P_d$  特性) が同じであれば相似になる性質を利用し、目標圧力 $P_t$   
20 を補正している。

ここで、 $P_{t1}$ は補正後の目標圧力であり、最小入口ガイドペーン開度 $\beta_{min}$ を計算するためだけに用いる。また、 $P_a$ は標準状態での大気圧であり、 $P_{a1}$ は吸込状態を検出するときの大気圧である。補正

後の目標圧力  $P_{t1}$  と吸込温度  $T_s$  が得られたので、上述したデータベースを利用し、補間法を用いて最小ベーン開度  $\beta_{min}$  を計算する。ただし、補正後の目標圧力  $P_{t1}$  が設定目標圧力  $P_{t(1)} \sim P_{t(k)}$  の範囲外になったときは、外挿により最小ベーン開度  $\beta_{min}$  を計算する。

- 5     サージングが発生した時に、最小ベーン開度を変更する方法を以下に説明する。サージング発生時の吸込圧力  $P_s$  及び目標圧力  $P_t$  から目標圧力の補正值  $P_{t1}$  を求める。吸込温度  $T_s$  と補正目標圧力  $P_{t1}$  のときの最小ベーン開度が  $\beta_{min}$  だとすると、 $\beta_{min1} = \beta_{min} + \Delta \beta_{min}$  となるようにデータベースを変更する。前述のように  $\Delta \beta_{min}$  は吸込温度  $T_s$  や吸込圧力  $P_s$  等の測定値から式またはデータテーブルを用いて求めることができる。また所定値（一定値）として与えても差し支えない。 $\beta_{min}$  は補間法により周辺の  $\beta_{min}(i, j)$  値を用いて導かれるので、補間方法が線形であれば、補間に用いた最小ベーン開度データ  $\beta_{min}(i, j)$  を  $\beta_{min}(i, j) + \Delta \beta_{min}$  とすることで最小ベーン開度の更新を行なうことができる。この補正をした後は、仮に吸込温度  $T_s$  と補正目標圧力  $P_{t1}$  が以前サージングが生じたときと同じ値となっても、最小ベーン開度  $\beta_{min}$  はサージングラインで定まるベーン開度以下にはならないことが保証される。
- 10  
15

- 以上述べたように本発明によれば、ターボ圧縮機に吸込まれる作動  
20   ガスの吸込温度と吸込圧力を検出するだけで広域な範囲にわたり圧縮機のサージングが回避できる。また、安定にターボ圧縮機を動作させることができる。なお、本実施例では最小ベーン角度の設定を吸込温度の変化に基づいて実行しているが、吸込圧力の変化に基づいても同様に実行できることは上述した通りである。



## 請 求 の 範 囲

1. 羽根角度可変の入口ガイドベーンと放風弁とを備えるターボ圧縮機において、このターボ圧縮機に吸込まれる作動ガスの吸込温度と吸込圧力の少なくともいずれかを検出する吸込状態検出手段と、吸込状態に対する前記入口ガイドベーンの最小角度についてのデータベースを有する制御手段とを備えたことを特徴とするターボ圧縮機。

2. 羽根角度を可変の入口ガイドベーンと、ターボ圧縮機本体と、ターボ圧縮機の吐出圧力を検出する吐出圧力検出手段と、この吐出圧力検出手段よりもターボ圧縮機本体側に位置する逆止弁と、ターボ圧縮機で圧縮されたガスを放風する放風弁と、前記入口ガイドベーンの上流側に位置しターボ圧縮機に吸込まれる作動ガスの吸込温度及び吸込圧力の少なくともいずれかを検出する吸込状態検出手段と、前記入口ガイドベーン角度及び前記放風弁の開閉を制御する調節装置とを備えるターボ圧縮機において、前記逆止弁と前記ターボ圧縮機本体との間にサージング検出手段を、前記調節装置に前記吸込条件と目標圧力に対する最小入口ガイドベーン角度との関係を記述したデータベースをそれぞれ設けたことを特徴とするターボ圧縮機。

3. 前記調節手段はサージング検出手段がサージングを検出したときに前記データベースの最小入口ガイドベーン角度データを更新することを特徴とする請求の範囲第2項に記載のターボ圧縮機。

4. 前記調節装置を制御する上位制御装置を有することを特徴とする請求の範囲第2項または第3項に記載のターボ圧縮機。

5. 入口ガイドベーンと放風弁とを用いてターボ圧縮機の吐出圧力を制御するターボ圧縮機の運転方法において、入口ガイドベーンの上流側に設けた温度検出手段または圧力検出手段が検出した検出値に基づ

いてこの圧縮機が備える調節装置に予め記憶された最小入口ガイドベーン角度データを参照してその検出値における最小入口ガイドベーン角度を求め、前記入口ガイドベーンをこの最小角度以上にベーン駆動装置が駆動することを特徴とするターボ圧縮機の運転方法。

- 5     6. ターボ圧縮機にサージングが発生したら入口ガイドベーンを所定量だけ開き、前記入口ガイドベーン角度データベースを更新することを特徴とする請求の範囲第5項に記載のターボ圧縮機の運転方法。

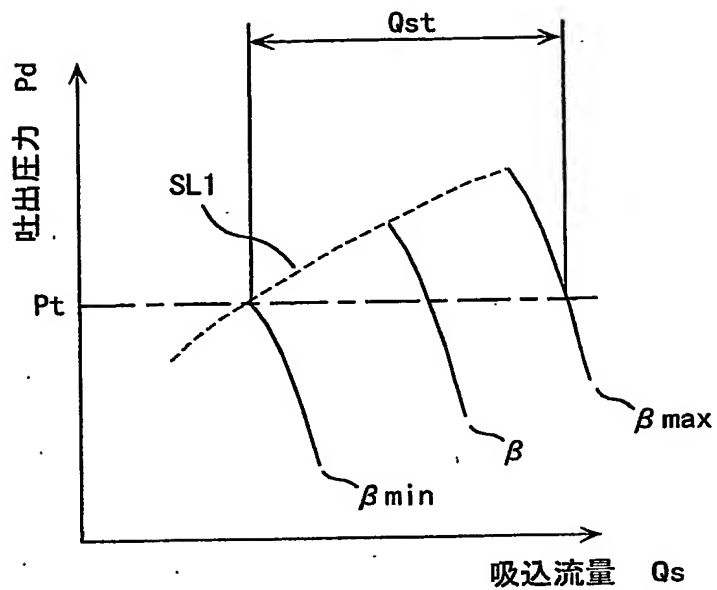
7. 吸込流量に対する圧縮機の吐出圧力の特性を予め調節装置に記憶しておき、吸込流量が変化してこの特性に基づいて求めた入口ガイド  
10     ベーン角度が最小入口ガイドベーン角度より小さくなったら、入口ガイドベーンを最小入口ガイドベーン角度に設定するとともに放風弁を開くことを特徴とする請求の範囲第5項に記載のターボ圧縮機の運転方法。

8. 吐出圧力が目標吐出圧力より高いときにはベーン角度の偏差量を  
15     求め、この偏差量を加えたベーン角度が最小入口ガイドベーン角度以下になったら、入口ガイドベーンを最小入口ガイドベーン角度に設定するとともに放風弁を所定量だけ開くことを特徴とする請求の範囲第5項に記載のターボ圧縮機の運転方法。

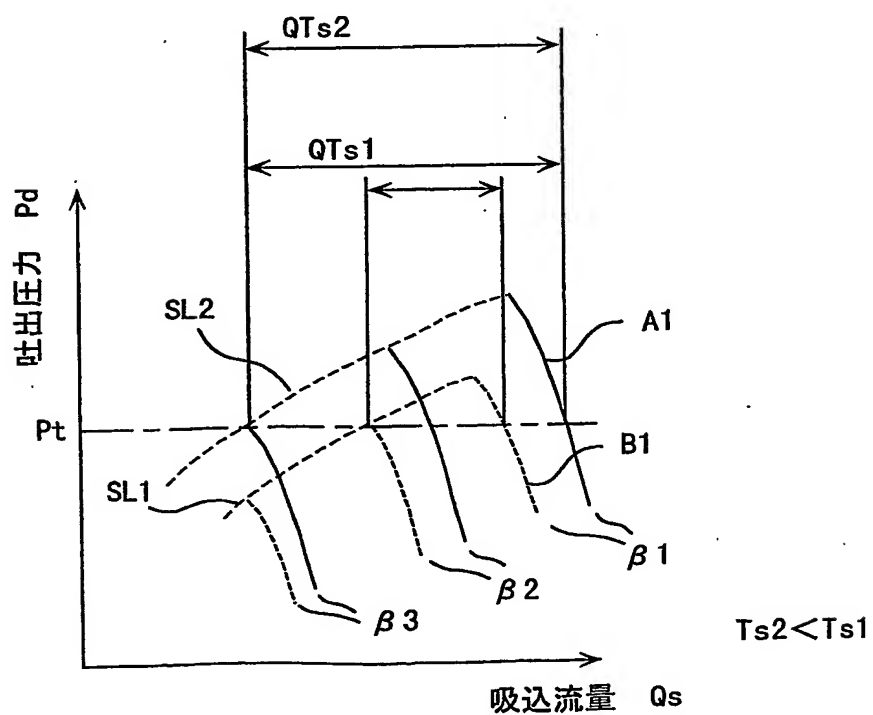
9. 吐出圧力が目標吐出圧力より高く、放風弁が全開のときには入口  
20     ガイドベーンを全閉にして無負荷運転に移行し、この状態が所定時間継続したら圧縮機を停止することを特徴とする請求の範囲第5項に記載のターボ圧縮機の運転方法。

1 / 5

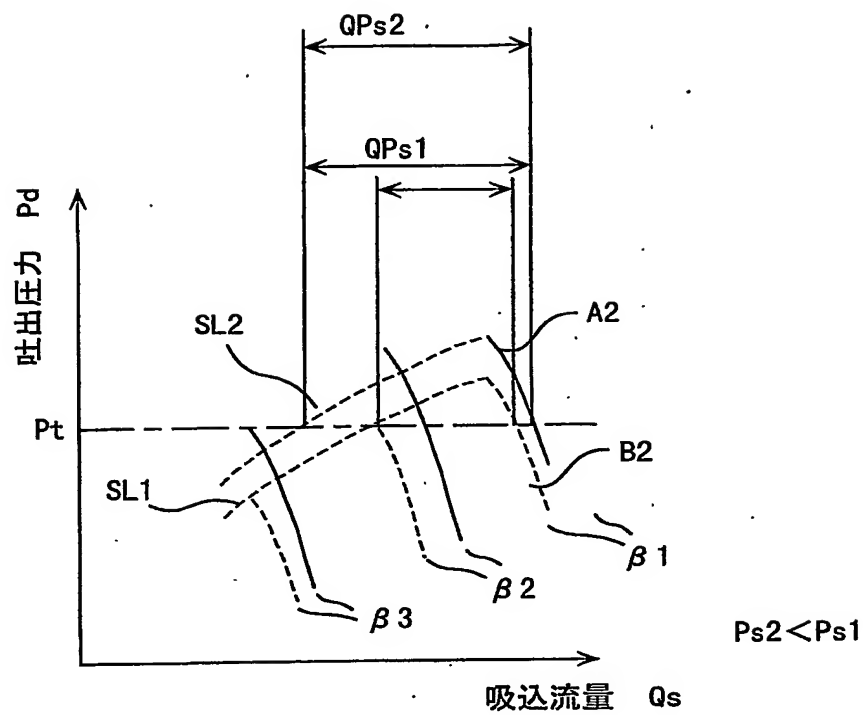
第 1 图



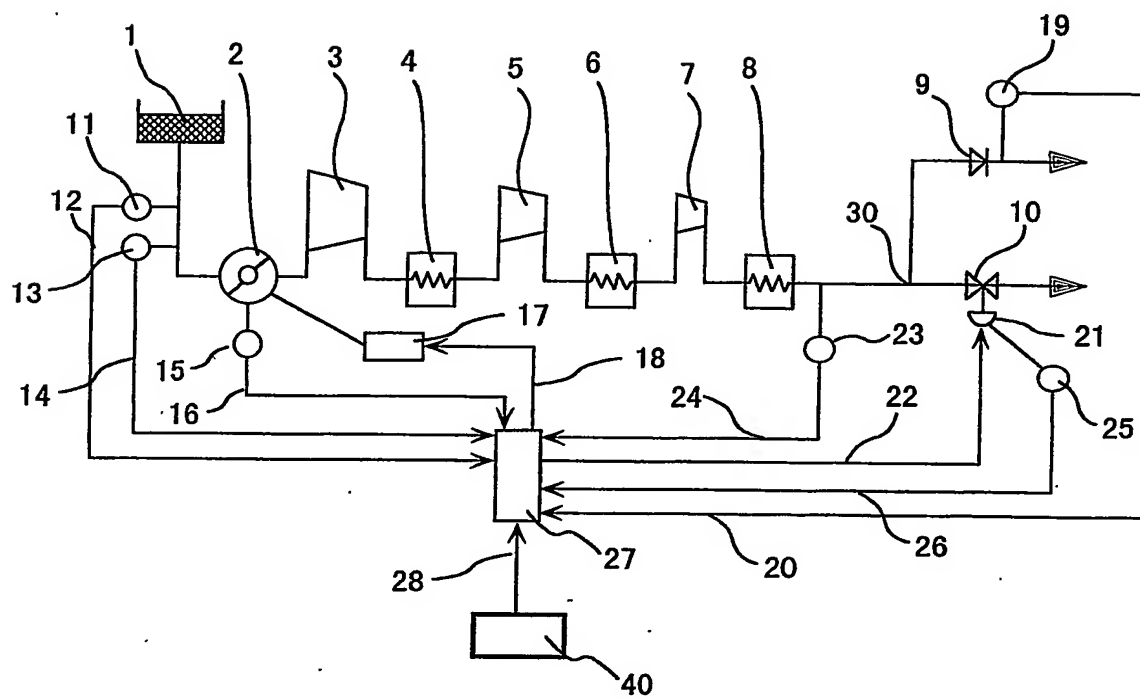
第 2 图



第 3 图

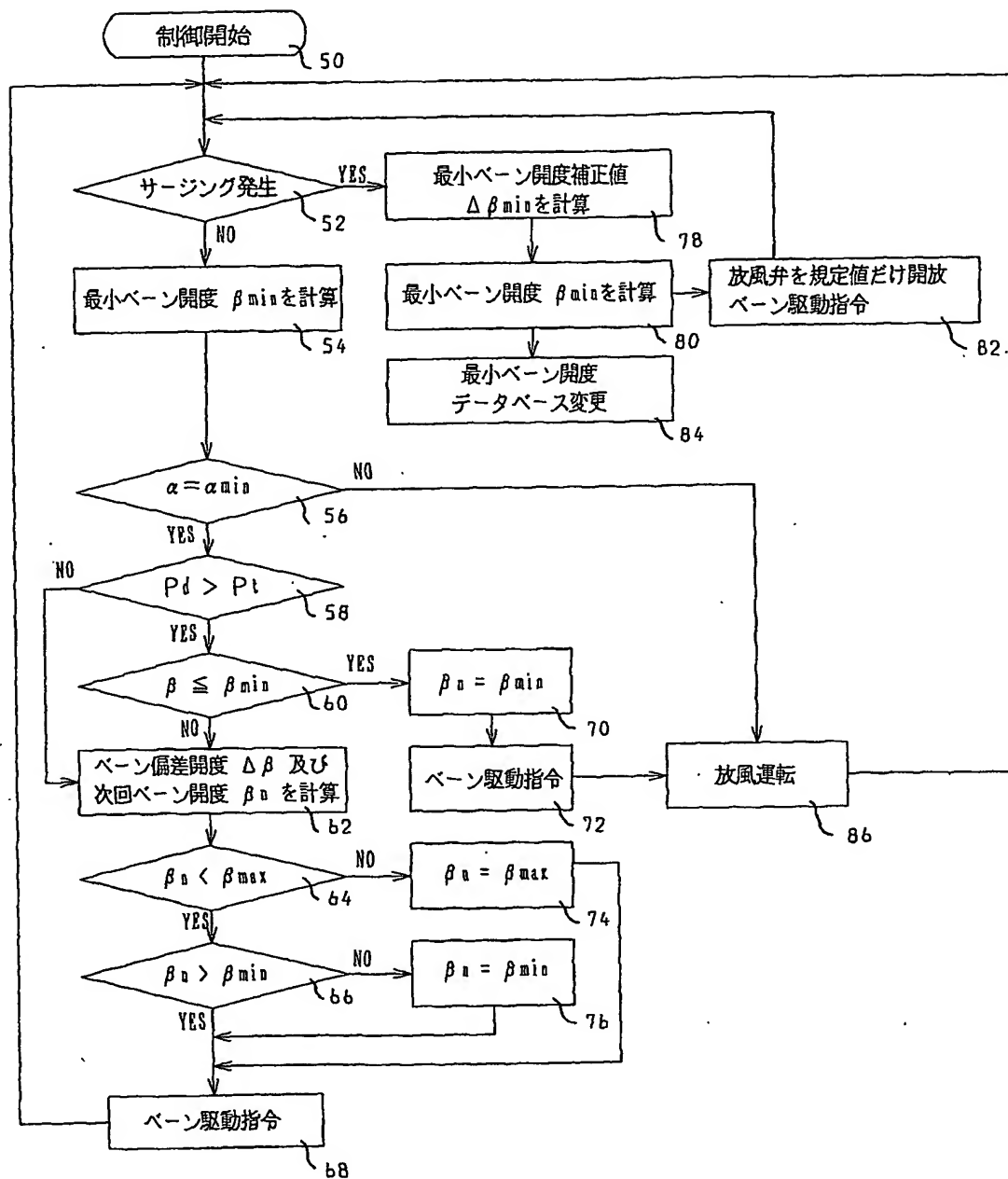


第 4 図



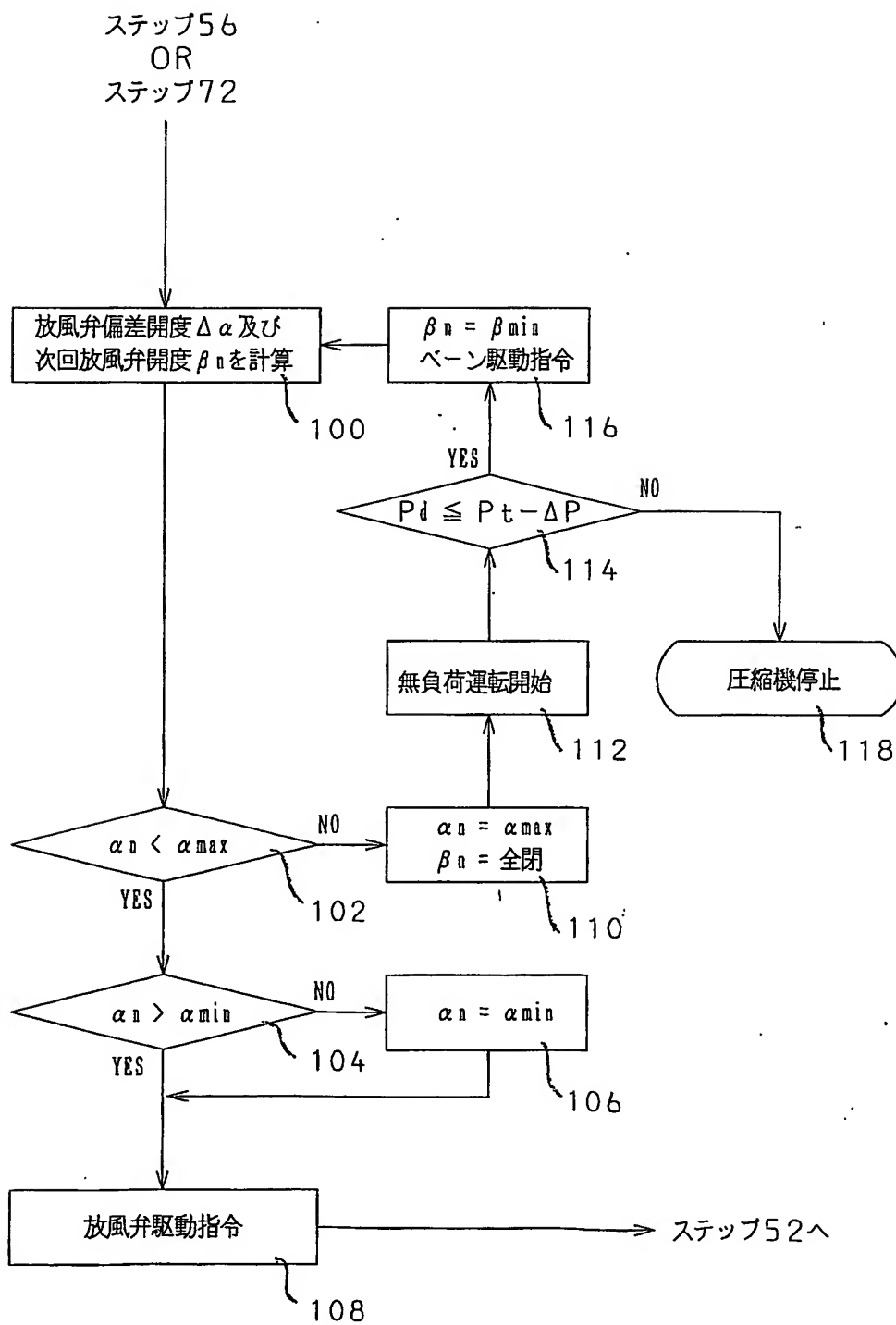
4 / 5

## 第5図



5 / 5

## 第6図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/08217

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> F04D27/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> F04D27/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 59-160098 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 September, 1984 (10.09.84), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
Y	JP 2001-90555 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 03 April, 2001 (03.04.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
Y	EP 435294 A (Daikin Industries, Ltd.), 03 July, 1991 (03.07.91), Full text; all drawings & JP 8-19919 B2 & US 5095714 A	2-4, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 August, 2002 (28.08.02)Date of mailing of the international search report  
10 September, 2002 (10.09.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP02/08217

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 47-34897 Y1 (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 23 October, 1972 (23.10.72), Full text; all drawings (Family: none)	7
Y	JP 9-195982 A (Kobe Steel, Ltd.), 29 July, 1997 (29.07.97), Full text; all drawings (Family: none)	9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl.<sup>7</sup> F04D 27/02

B. 調査を行った分野  
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl.<sup>7</sup> F04D 27/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996  
日本国公開実用新案公報 1971-2002  
日本国登録実用新案公報 1994-2002  
日本国実用新案登録公報 1996-2002

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 59-160098 A (三菱重工業株式会社) 1984. 09. 10 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2001-90555 A (三菱重工業株式会社) 2001. 04. 03 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
Y	EP 435294 A (DAIKIN INDUSTRIES, LIMITED) 1991. 07. 03	2-4, 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
28. 08. 02

国際調査報告の発送日

10.09.02

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
藤井眞吾

3T 9717

電話番号 03-3581-1101 内線 3393

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	全文, 全図 & JP 8-19919 B2 & US 5095714 A	
Y	JP 47-34897 Y1 (石川島播磨重工業株式会社) 1972. 10. 23 全文, 全図 (ファミリーなし)	7
Y	JP 9-195982 A (株式会社神戸製鋼所) 1997. 07. 29 全文, 全図 (ファミリーなし)	9